CAPÍTULO Nº4: ENSAYO DE FLEXIÓN DEL PANEL SÁNDWICH

4.1. ENSAYO DE FLEXIÓN

4.2. CARACTERÍSTICAS DEL ESPÉCIMEN

4.3. ÚTIL DEL ENSAYO

4.4. REALIZACIÓN DEL ENSAYO DE FLEXIÓN

4.5. RESULTADOS DEL ENSAYO DE FLEXIÓN

4.1. ENSAYO DE FLEXIÓN

En este apartado se describe el ensayo de flexión sobre probetas de paneles sándwich. Este ensayo ha sido realizado por el LERM (Laboratorio de Elasticidad y Resistencia de Materiales) de la Escuela Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla.

El objetivo del ensayo es obtener la resistencia del área de transición de paneles sándwich empleados en el carenado de aviones comerciales, cuando se les aplica una carga distribuida que hace que el panel esté sometido a un momento flector y un cortante.

Este tipo de ensayo puede ser aplicable a laminados compuestos de láminas unidireccionales y bidireccionales, pero sólo se ha realizado sobre probetas sándwich donde las láminas que constituyen los laminados de los revestimientos están reforzadas con fibras en las dos direcciones.

4.2. CARACTERÍSTICAS DEL ESPÉCIMEN

4.2.1. GEOMETRÍA DE LA PIEZA

La pieza a ensayar es una parte de la zona de transición de paneles sándwich. Las dimensiones geométricas de la misma se indican en la siguiente figura.

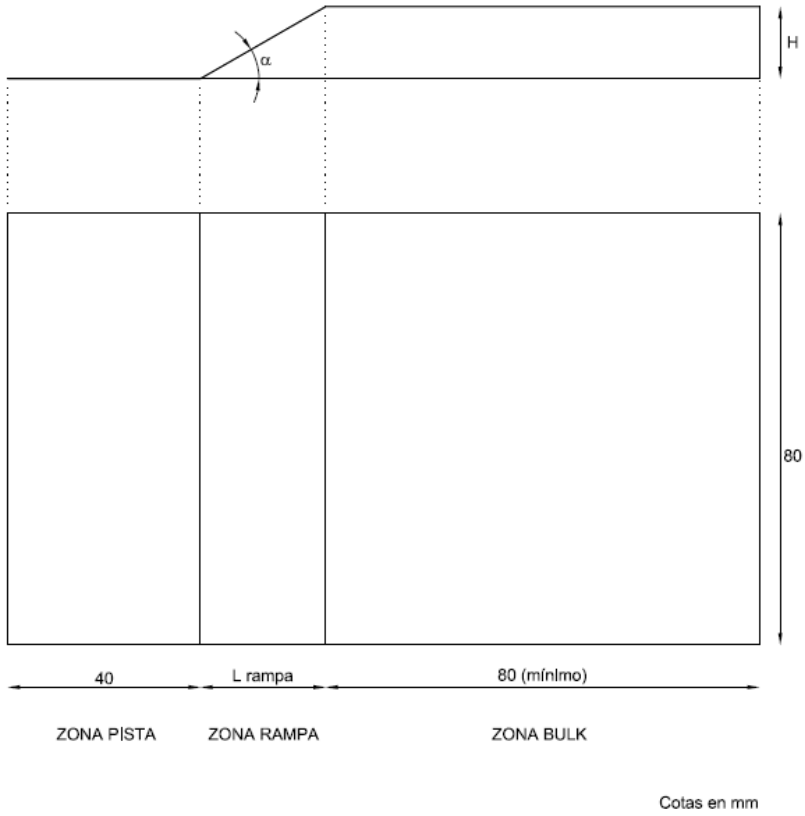

Figura 27. Especificación dimensiones geométricas probetas ensayo.

Se ensayan probetas que presentan distintas configuraciones, las cuáles se diferencian en los laminados (número de telas, orientación…) y en la altura del núcleo (que variará desde 15 mm a 45 mm).

Se disponen de resultados para las distintas configuraciones, pero en este estudio sólo se tienen en cuenta los obtenidos para las probetas con alturas de núcleo de 15 mm.

4.2.2. APILADOS

Se ensayan probetas con distintas configuraciones, las cuáles se diferencian en el número de telas y en la secuencia de apilado de las mismas.

Este proyecto se centra en las que tienen la siguiente secuencia de apilado:

- Pista: [45º 0º 45º 0º 0º 45º]S
- Rampa: [45º 0º 45º 0º]
- Bulk: [45º 0º]

Los laminados indicados para rampa y bulk se corresponden con las telas que constituyen cada revestimiento del sándwich, y la secuencia indicada va desde las capas exteriores a las que están pegadas al núcleo.

El material de cada lámina es denominado como Z-19740. Se trata de un tejido de fibras de carbono con resina epoxi, cuyo espesor de lámina de 0.26 mm. El núcleo está constituido por una estructura honeycomb de un tipo de Nomex (N-636).

4.2.3. INSTRUMENTACIÓN

Las piezas a ensayar están instrumentadas mediante rosetas bidireccionales 0/90. En cuanto al punto de pegado de la roseta hay varias soluciones posibles, en la cara útil o en la cara bolsa, y a su vez en la pista, en la rampa o parte de la zona bulk. Las probetas tenidas en cuenta para el presente estudio tienen pegadas las rosetas en la pista, en la zona adyacente al comienzo de rampa de la cara bolsa. En la Figura 38 se puede observar la roseta en la posición descrita anteriormente.

4.3. ÚTIL DEL ENSAYO

El modelo de la máquina de ensayo es Instron 4482. A esta máquina se le acopla un útil específico para este ensayo. El útil consta de tres partes principales: una placa móvil, una plataforma fija y la base. Un esquema del útil empleado se muestra en la siguiente figura.

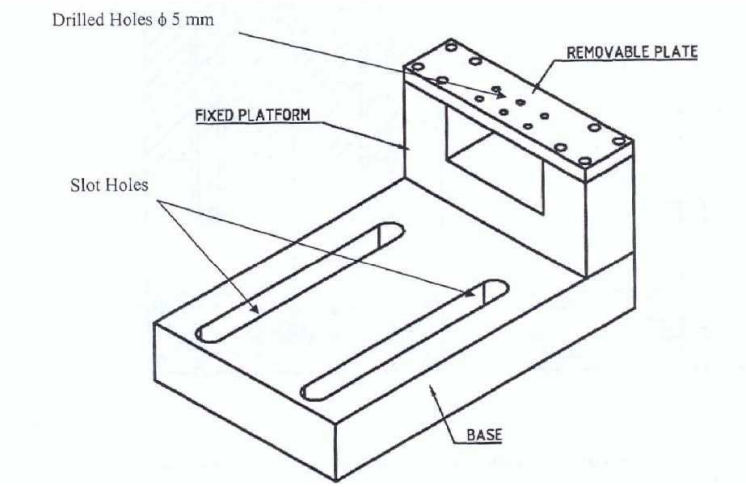

Figura 28. Útil de ensayo.

La placa móvil se separa de la fija, y entre las dos se coloca la pieza. La siguiente imagen muestra una de las probetas preparada en el útil justo antes de la realización del ensayo.

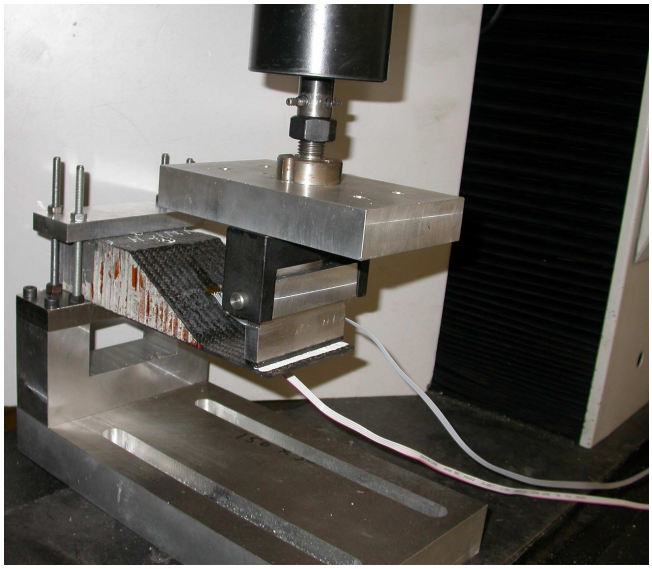

Figura 29. Probeta en el útil de ensayo.

Como se puede observar en la imagen anterior la pieza es agarrada al útil por la zona macizada.

4.4. REALIZACIÓN DEL ENSAYO DE FLEXIÓN

El ensayo se realiza para dos estados de carga: caso de succión y caso de presión. En el caso de succión la probeta se coloca en el útil de forma que la carga es aplicada en la cara bolsa, produciéndose tracción en la cara bolsa y compresión de la cara útil. En el caso de presión, ocurre lo contrario, la fuerza es aplicada en la cara útil de tal forma que la cara queda traccionada y la cara bolsa comprimida.

Este proyecto se centra en el estudio del ensayo para el caso de succión. En la siguiente imagen se puede visualizar un esquema del ensayo para el caso de succión.

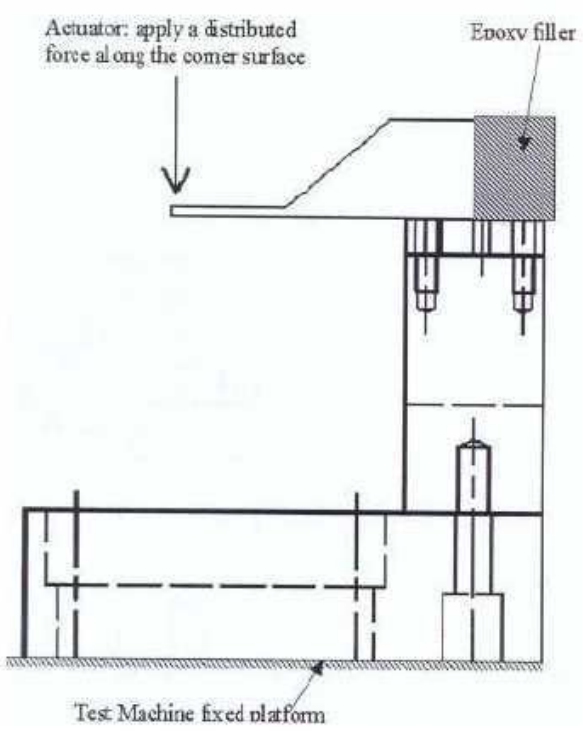

Figura 30. Esquema caso de carga de succión.

Conviene resaltar que en la zona de las mordazas no es exactamente como indica la figura anterior. La pieza no está atornillada al útil por una sola cara, sino que se encuentra en contacto con dos placas metálicas, las cuáles se unen mediante tornillos al útil. Además la cogida de la pieza se realiza por la zona macizada en su totalidad.

La carga es aplicada a unos 30 mm del comienzo de la rampa. El aplicador de carga no es puntual, consiste en una cuña metálica con un taco de neopreno acoplado en su extremo.

4.5. RESULTADOS DEL ENSAYO DE FLEXIÓN

Como se ha comentado anteriormente, el ensayo se realiza para distintas configuraciones, y para la comparación en este estudio se analizarán los resultados correspondientes a 6 probetas, cuyas características geométricas y de apilados se han detallado en apartados anteriores.

En las siguientes tablas se presentan los resultados obtenidos del ensayo para las 6 probetas consideradas. Como se puede observar se presenta una gran variabilidad en los resultados de 6 probetas que, supuestamente, son iguales.

Probeta	Distancia d (mm)	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Fuerza máx. (N)	Tensión flexión (MPa)	Tensión cortante (MPa)	Tipo de rotura
1	36,5	2,50	79,91	725,1	317,9	5,4	Despegue del núcleo en comienzo rampa
2	34	2,57	79,90	703,4	271,9	5,1	Despegue del núcleo en rampa
3	36,9	2,43	79,91	779,9	365,9	6,0	Despegue del núcleo en comienzo rampa
4	35,9	2,37	79,92	690,8	331,5	5,5	Despegue del núcleo en comienzo rampa
5	34	2,42	79,96	635,5	276,8	4,9	Despegue del núcleo en comienzo rampa
6	36,3	2,40	79,94	505,6	239,1	3,9	Despegue del núcleo en comienzo rampa

Tabla 3. Resultados del ensayo.

El fallo dominante es el despegue del núcleo en rampa.

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	Coef. Var. (%)
Tensión a Flexión a una distancia d (MPa)	239,1	365,9	300,5	46,24	15,39
Fuerza máxima (N)	505,6	779,9	673,4	94,67	14,06

Tabla 4. Valores estadísticos de los resultados del ensayo.

La distancia d es la distancia desde el punto de aplicación al centro de la roseta de medida o al punto en el que se han determinado las tensiones. La tensión máxima se ha calculado admitiendo una ley lineal de tensiones normales y parabólicas de tangenciales.